

Sistema de telemetría sobre datos físicos y ambientales aplicables a cultivos acuapónicos

David Ricardo Murillo Lancheros

Universitaria Agustiniiana
Facultad de Ingeniería
Programa Ingeniería en Telecomunicaciones
Bogotá, D.C.
2021

Sistema de telemetría sobre datos físicos y ambientales aplicables a cultivos acuapónicos

David Ricardo Murillo Lancheros

Director

MsC Carlos Andrés Gómez

Asesor externo

Estefany L. García Cruz PhD

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero en Telecomunicaciones

Universitaria Agustiniiana

Facultad de Ingeniería

Programa Ingeniería en Telecomunicaciones

Bogotá, D.C.

2021

Resumen

Este proyecto aborda la problemática del desarrollo de soluciones de bajo costo para la implementación de telemetría en apoyo a los cultivos acuapónicos. En el desarrollo de este proyecto se presenta un sistema de telemetría de un prototipaje para la toma de datos de variables físicas y ambientales para cultivos acuapónicos de bajo costo donde inicialmente se tomará las pruebas en un ambiente casero, que sirvió como entorno controlado para la implementación de sensores, el desarrollo del sistema de registro en base de datos en nube, y el sistema de visualización para el usuario.

Abstrac

This project addresses the problem of developing low-cost solutions for the implementation of telemetry in support of aquaponic crops. In the development of this project, a telemetry system of a prototyping is presented for the data collection of physical and environmental variables for low-cost aquaponic crops where initially the tests will be taken in a home environment, which served as a controlled environment for the implementation of sensors, the development of the registration system in cloud database, and the display system for the user.

Tabla de contenido

Resumen	3
Abstrac	4
Introducción	10
Pregunta de investigación.....	11
Justificación.....	12
Objetivos	13
1.1. Objetivo general	13
1.2. Objetivos específicos.....	13
Marco referencial	14
Estado del arte	14
Marco teórico.....	15
1.2.1. Acuaponía.	15
1.2.2. Sensores.	16
1.2.3. Telemetría.	18
1.2.4. Base de datos.....	18
1.2.5. Internet de las cosas IoT.	19
Marco legal.....	20
Metodología	21
Administración del proyecto	22
Cronograma	22
Actividad 1.....	22
Actividad 2.....	22
Actividad 3.....	22
Actividad 4.....	22
Actividad 8.....	22
Presupuesto.....	24
2. Estudio sobre las variables físicas y ambientales que se pueden medir en ambientes de cultivos acuapónicos	25
Rangos de valores del funcionamiento del sistema acuapónico.....	26

Sensor de PH analógico para Arduino.....	26
Sensor de temperatura y humedad.....	27
Sensor Luminosidad	27
Sensor sonde de temperatura DS18B20	28
Sensor humedad tierra FC28	29
3. Desarrollo prototipo	29
4. Visualización de datos en la nube	38
Protocolos más utilizados en IoT:	38
HTTP	38
MQTT	38
5. Diseño de visualización.....	39
5.1. Visualización de las variables físicas analizadas en el cultivo acuapónico.....	42
Conclusiones	44
Referencias	45

Lista de tablas

Tabla 1.	Cronograma actividades.....	23
Tabla 2.	Presupuesto	24
Tabla 3.	Variables mediables de un sistema acuapónico.	25
Tabla 4.	Características de los rangos de temperatura en los sensores	25
Tabla 5.	Valores de las variables físicas necesarias para el cultivo acuapónico.....	26
Tabla 6.	Prioridades variables físicas en el cultivo acuapónico.....	30

Lista de figuras

Figura 1.	Ciclo de un cultivo acuapónico ((Richard V. Tyson and Eric H., 2014)	16
Figura 2.	Sensor de PH con sonda (siscode, 2017).....	17
Figura 3.	Sistema de telemetría en ciudades. (Sittrak, s.f.).....	18
Figura 4.	Esquema de una base de datos relacional. (MODELOS RELACIONALES DE BASE DE DATOS, SF)	19
Figura 5.	Arquitectura típica de solución iot (Vssystemas, SF)	19
Figura 6.	Sensor ph con connector BND (Mouser Electronics, SF).....	27
Figura 7.	Sensor DHT11 (Ryspee, SF).....	27
Figura 8.	Sensor luz luminosidad BH750 (Naylamp, SF)	28
Figura 9.	Sensor sonda de temperatura DS18B20 (Programafacil.com, SF)	29
	Sensor humedad tierra FC28 (Etools, 2016).....	29
Figura 10.	Ciclo básico de un sistema acuapónico con cama flotantes la calidad del agua en acuaponía (Proain, 2020).....	30
Figura 11.	Circuito Arduino con conexión a sensores (Autoria Propia, 2021)	31
Figura 12.	diagrama de flujo que describe la lógica de recolección de datos (Autoria Propia, 2021)	32
Figura 13.	Componentes para la implementación de la simulación en el cultivo casero (Autoria Propia, 2021).....	33
Figura 14.	Prototipo caja Arduino que se ve al lado izquierdo la caja 3D donde contiene el Arduino y al lado derecho la disposición de instalación de dicha caja al lado del acuario con los sensores seleccionados. (Autoria Propia, 2021).....	33
Figura 15.	Prototipaje en su elaboración final casera para el cultivo. (Autoria Propia, 2021)..	34
Figura 16.	Montaje realizado correctamente y datos almacenados con características de un cultivo acuapónico (Autoria Propia, 2021)	34
Figura 17.	Sensor de humedad de la cama flotante dentro de la pecera (Autoria Propia, 2021)	35
Figura 18.	Lectura de sensor de humedad en cama flotante.....	35
Figura 19.	Sensor humedad y temperatura ambiente dentro de la pecera (Autoria Propia, 2021)	36
Figura 20.	Sensor de temperatura y humedad ambiente para la cama flotante	36

Figura 21. sensor de temperatura agua pecera.....37

Figura 22. Toma de datos con sensor de luz en una escala de luminosidad.....37

Figura 23. Topología desarrollada para recepción, almacenamiento y visualización de datos (Autoria Propia, 2021).....39

Figura 24. Código del servicio web. (Autoria Propia, 2021).....40

Figura 25. Entorno aws de amazon para la base de datos (Autoria Propia, 2021)40

Figura 26. Entorno de la base de datos41

Figura 27. Creación de variables físicas en el entorno de heideSQL (Autoria Propia, 2021)...41

Figura 28. Entorno de heideSQL con datos almacenados (Autoria Propia, 2021).....42

Figura 29. Herramienta dashboard para la organización de los datos recolectados de las variables físicas.43

Introducción

La Organización de Naciones Unidas en la definición de los objetivos de desarrollo sostenible para la humanidad ha puesto como uno de los mencionados objetivos lograr el hambre cero, que significa la radicación de la ausencia de alimentos para la población más vulnerable. Este reto se ha trabajado desde diferentes perspectivas, incluyendo el desarrollo de nuevos tipos de cultivos para poder hacer productiva la tierra o el espacio físico que actualmente no lo es. En este marco se han desarrollado nuevos tipos de cultivos que no dependan de la tradicional forma de desarrollo agrícola basados en la tierra, sino del desarrollo de nuevas técnicas como las que prometen los cultivos Hidropónicos. Desde ese punto de vista, la acuaponía nos permite combinar dos tipos de cultivos como lo es la acuicultura (cultivos de animales acuáticos) y la hidroponía (cultivos de plantas). Por esta razón, la acuaponía le aporta a la solución de estas problemáticas ya que permite mejorar la solución planteada por los cultivos hidropónico para volverlo auto sostenible, al incorporar la crianza de peces en un ciclo continuo de realimentación de nutrientes entre los peces y los cultivos.

Sin embargo, este nuevo tipo de cultivos tiene unos retos adicionales como por ejemplo garantizar el crecimiento y la vida de los peces además del de las plantas, y para lograr esto se requiere de una supervisión constante de una gran cantidad de variables físicas como lo son el Ph, temperatura del agua, temperatura del ambiente, luminosidad, humedad relativa ambiente y humedad en la cama base de las plantas que eviten la contaminación de los subsistemas que intervienen y que esto lleve al nuevo desarrollo del cultivo o a la muerte de los peces que le sirven. Es importante desarrollar alternativas de bajo costo y funcionamiento remoto que ayuden a la supervisión constante de este tipo de cultivos.

Pregunta de investigación

¿Cómo diseñar un sistema de bajo costo que pueda tomar constantemente y de forma remota, datos que sean de valor para el monitoreo de sistemas acuapónicos?

Justificación

La acuaponía es un tipo de desarrollo de cultivos autosostenibles que se basan en la interacción entre el cultivo de peces que al estar en un estanque desarrollan diferentes tipos de materia orgánica que pueden ser utilizables como sistema de abono a un cultivo hidropónico. Con esto se logra el desarrollo de un nuevo tipo de cultivo caracterizado por optimizar al máximo todos los componentes como la materia orgánica, los nutrientes, las bacterias, los componentes químicos del agua, etc. La acuaponía es importante porque es una alternativa para la solución de los problemas de desarrollo de comidas no contaminantes y que aprovechen lugares que actualmente no son aptos para el desarrollo agrícola.

Sin embargo, el desarrollo de cultivos requiere el control continuado de muchas variables y es por ello que la ingeniería ofrece una solución para el monitoreo permanente de variables físicas y ambientales en ese tipo de sistemas.

Es importante realizar proyectos de investigación aplicada a este tipo de ambientes y productos ligados a la producción de alimentos dado que desde la ingeniería se desarrollan soluciones de bajo costo y que puedan llevar a tecnificar la supervisión y mantenimiento de este tipo de cultivos. Desde las ciencias agrícolas es importante desarrollar alternativas que viabilicen la masificación de este tipo de soluciones en cualquier lugar.

Objetivos

Objetivo general

Diseñar un sistema de telemetría sobre datos físicos y ambientales aplicables a cultivos acuapónicos.

Objetivos específicos

- Realizar un estudio sobre las variables físicas y ambientales que se pueden medir en ambientes de cultivos acuapónicos.
- Diseñar un prototipo de recolección de datos en un ambiente aplicable a cultivos acuapónicos.
- Implementar un sistema de visualización de datos recolectados.

Marco referencial

Estado del arte

El autor (Tolentino L., Fernandez E (2019))escribió un trabajo en donde expone que la acuapónica es un método sobre la implementación de la agricultura urbana basada en dos variables: la acuicultura donde se encuentra un criadero de peces y en segundo lugar la hidroponía que se desarrolla con el cultivo de plantas. Estas dos variables son esenciales en un ambiente controlable que garantice el desarrollo de la misma. Cabe mencionar que es necesario cumplir con los controles de parámetros como lo es el pH y la temperatura del agua que son analizados para obtener los datos y ser almacenados en un sistema de monitoreo para llevar a cabo un crecimiento óptimo en los peces y las plantas, del cual para los peces su nivel de pH estable es de 6.5 y máximo 8 Ph de debe ser óptimo para su crecimiento y donde las temperaturas deben ser de 24c y 26c de ser mayores las temperaturas se necesita de un sistema de refrigeración para disminuirla y tener un ambiente controlable sin problemas.

Se puede concluir en la necesidad de contar con condiciones adecuadas en el entorno para el desarrollo de un cultivo acuapónico. Contando con un sistema de monitoreo y de corrección que toma los datos para ser almacenados y analizar el crecimiento de los peces y la evolución de las plantas en un ambiente controlable

Por su lado (Karimanzira D., 2019)escribieron este artículo en el que plantean cómo la acuapónica y el análisis basado en IoT muestran beneficios para el desarrollo de la acuapónica. Se discute los servicios y análisis productivo e innovador de conexión remota e instantánea a la información de los datos captados por el sistema. La acuaponía permite establecer condiciones óptimas para los peces como en las plantas, asegurando así una alta productividad dentro de un ambiente pequeño y controlado que permite establecer condiciones óptimas hacia el cultivo acuapónico asegurando así una alta productividad y mejorando la eficiencia y la estabilidad de la misma haciendo el buen uso dentro de su entorno la energía y el agua.

De esta forma, las variables de información que se pudieran ver afectadas como lo es una mala calidad de vida para el cultivo que se pueden disminuir con ayudas tecnológicas como obtener una idea del crecimiento, su avance y desarrollo en muchas áreas del cultivo.

(Dutta A., 2018)argumentan que la acuaponía se refiere a la combinación de la acuicultura con la hidroponía. La acuaponía se puede aplicar en lugares donde no hay un terreno aceptable, o de un caudal como lo es en el caso de los peces para llenar los depósitos de agua y tener una

cantidad de agua almacenada para tener calidad en el cultivo, de modo que un diseño de software es necesario para simular la recolección de datos hacia el cultivo acuapónico. Con la ayuda de la tecnología IoT se pueden implementar sensores de la calidad del agua, la temperatura y su humedad, donde los datos son almacenados en tiempo real. La acuaponía tiene características realmente impresionantes que pueden superar los métodos tradicionales de cultivo como logrando usar pocos espacios para su implementación y bajo costo para su operación.

Dentro de este proyecto, se realizó la instalación de un cultivo acuapónico que consiste en unos peces y cultivos para plantas donde se estableció una sección de monitorización con el fin de detectar el nivel de variables que fueron asociadas a la calidad del agua, pH, la temperatura y la humedad del sistema.

Por otro lado (Saaïd M., Fadhil M., Megat A , 2013) argumentan que este sistema puede superar los problemas relacionados con la sobrealimentación que pueden causar problemas de salud tanto los peces como las plantas; para esto los sistemas de filtración tendrían que eliminar la cantidad de materiales que son desechos y productos de descomposición dentro del agua, como lo es en este caso, los cultivos hidropónicos dentro del sistema que se utilizan como los biofiltros que ayudan en la regeneración del agua absorbiendo todos los desechos e impurezas adheridas. De esa manera no solo los peces requieren atención si no las plantas que también requerían de luz para su desarrollo y crecimiento, donde la cantidad de luz y su temperatura ayudan a determinar la eficacia del crecimiento del cultivo.

La automatización de este cultivo acuapónico se determina el uso de sensores, tipos de luz, el sensor de temperatura donde indican las variaciones y cambios de temperatura que hay en el cultivo.

Marco teórico

1.1.1. Acuaponía.

La acuaponía es un sistema intensivo de producción agrícola sostenible que conecta los sistemas hidropónicos y los acuícolas para producir múltiples cultivos comerciales con insumos reducidos de agua y fertilizantes, como se muestra en la figura 1. Es muy adecuado para pequeños productores agrícolas que se dirigen a los mercados locales y las oportunidades de agroturismo.

Teóricamente, casi cualquier tipo de sistema de producción podría estar vinculado a un sistema de acuicultura. Sin embargo, al vincular la acuicultura de estanques y la hidroponía

introduce innecesariamente microorganismos y algas potencialmente dañinos para el sistema acuapónico, lo que podría afectar negativamente a los peces y las plantas.

Por lo tanto, se recomienda utilizar agua de pozo o fuentes de agua municipales cuando se utiliza la acuaponía. Las fuentes de agua municipales contienen cloro y / o cloraminas, que son muy tóxicas para los peces y pueden matarlos cuando están presentes en concentraciones muy bajas. Para minimizar el riesgo de exposición al cloro se deben aplicar químicos o dejar reposar el agua por días para lograr sentar el cloro y poder utilizar el agua así los peces una vez el agua debe airearse en un tanque por separado durante unos días antes de colocarla de nuevo en el tanque ((Richard V. Tyson and Eric H., 2014)

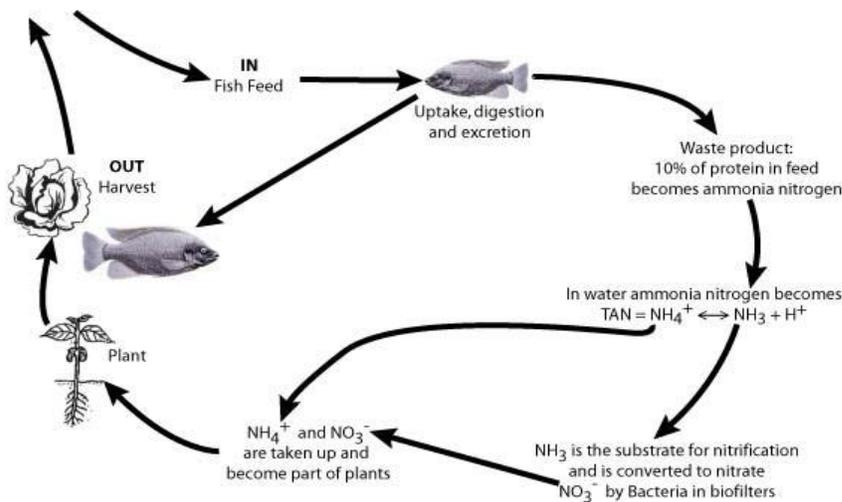


Figura 1. Ciclo de un cultivo acuapónico ((Richard V. Tyson and Eric H., 2014)

1.1.2. Sensores.

Un sensor es todo aquello que tiene una propiedad sensible a una magnitud del medio, y al variar su magnitud también varía con cierta respuesta su intensidad, es decir, que manifiesta la presencia de dicha magnitud, y también su medida.

Un sensor en la industria es un objeto capaz de variar una propiedad ante magnitudes físicas o químicas, las variables de instrumentación pueden ser, por ejemplo: intensidad lumínica, temperatura, distancia, aceleración, inclinación, presión, desplazamiento, fuerza, torsión, humedad, movimiento, pH, etc. Y se manifiestan por medio de una magnitud eléctrica que puede ser una resistencia eléctrica o una capacidad eléctrica como en un sensor de humedad.

Un sensor se diferencia de un transductor en que el sensor está siempre en contacto con la magnitud que la condiciona o variable de instrumentación con lo que puede decirse también que

es un dispositivo que aprovecha una de sus propiedades con el fin de adaptar la señal que mide para que la pueda interpretar otro dispositivo. Por ejemplo, el termómetro de mercurio que aprovecha la propiedad que posee el mercurio de dilatarse o contraerse por la acción de la temperatura. Un sensor también puede decirse que es un dispositivo que convierte una forma de energía en otra. En la figura 2 se muestra un ejemplo de un sensor de pH por sonda, para uso en sistemas Arduino. (siscode, 2017)



Figura 2. Sensor de PH con sonda (siscode, 2017)

1.1.3. Telemetría.

La telemetría es una tecnología que permite la medición y el control remoto de variables físicas o químicas a través de datos que son transferidos a una central de almacenamiento, el envío de información hacia el operador en un sistema de telemetría que se realiza normalmente mediante comunicación inalámbrica, aunque también se puede realizar por otros. Los sistemas de telemetría reciben las instrucciones y los datos necesarios para operar desde un Centro de Control o desde una plataforma de visualización en internet (Telemetrik, SF)

En la figura 3 se observa un diagrama general de la aplicación de telemetría en un entorno urbano.



Figura 3. Sistema de telemetría en ciudades. (Sitrak, s.f.)

1.1.4. Base de datos.

Una base de datos es una colección organizada de información estructurada, o datos, típicamente almacenados electrónicamente en un sistema de computadora. Una base de datos es usualmente controlada por un sistema de gestión de base de datos (DBMS). En conjunto, los datos y el DBMS, junto con las aplicaciones que están asociados con ellos, se conocen como un sistema de base de datos, que a menudo se reducen a solo base de datos.

Los datos dentro de los tipos más comunes de bases de datos en funcionamiento hoy en día se modelan típicamente en filas y columnas en una serie de tablas para que el procesamiento y la consulta de datos sean eficientes. Luego se puede acceder, administrar, modificar, actualizar, controlar y organizar fácilmente los datos. La mayoría de las bases de datos utilizan lenguaje de consulta estructurado (SQL) para escribir y consultar datos. En la figura 4 se presenta un ejemplo de un esquema típico de una base de datos relacional.



Figura 4. Esquema de una base de datos relacional. (MODELOS RELACIONALES DE BASE DE DATOS, SF)

1.1.5. Internet de las cosas IoT.

El Internet de las cosas (IoT) es una red de información global y dinámica que consta de objetos conectados a Internet, como identificaciones de radiofrecuencia, sensores, actuadores, así como otros instrumentos y dispositivos inteligentes que se están convirtiendo en un componente integral del futuro Internet. Durante la última década, hemos visto un gran número de soluciones de IoT desarrolladas por empresas emergentes, pequeñas y medianas empresas, grandes corporaciones, institutos de investigación académica (como universidades) y organizaciones de investigación públicas y privadas abriéndose camino en el (Solutions, SF)

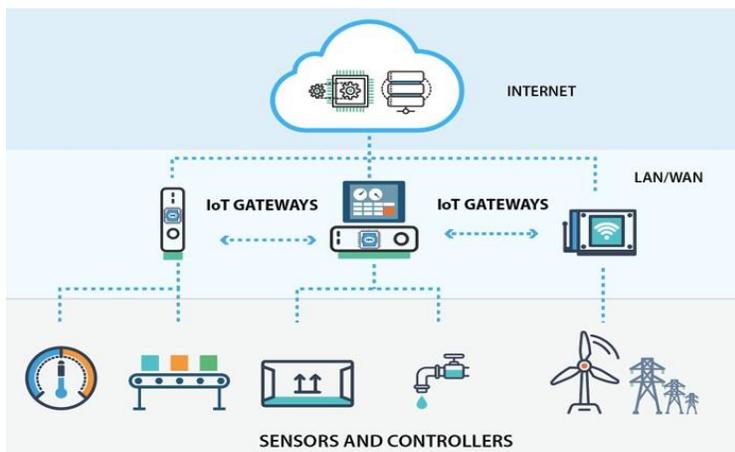


Figura 5. Arquitectura típica de solución iot (Vssistemas, SF)

Marco legal

Para el desarrollo del presente proyecto se tienen en cuenta las siguientes normas:

Ley 1341 de 2009 “Por la cual se definen principios y conceptos sobre la sociedad de la información y la organización de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones-TIC-, se crea la Agencia Nacional de Espectro y se dictan otras disposiciones”.

Art 1 Objeto. La presente ley determina el marco general para la formulación de las políticas públicas que regirán el sector de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, su ordenamiento general, el régimen de competencia, la protección al usuario, así como lo concerniente a la cobertura, la calidad del servicio, la promoción de la inversión en el sector y el desarrollo de estas tecnologías, el uso eficiente de las redes y del espectro radioeléctrico, así como las potestades del Estado en relación con la planeación, la gestión, la administración adecuada y eficiente de los recursos, regulación, control y vigilancia del mismo y facilitando el libre acceso y sin discriminación de los habitantes del territorio nacional a la Sociedad de la Información.

Parágrafo. El servicio de televisión y el servicio postal continuarán rigiéndose por las normas especiales pertinentes, con las excepciones específicas que contenga la presente ley. (Ley 1341 de 2009)

(Decreto 4948 de 2009), “Por el cual se reglamenta la habilitación general para la provisión de redes y servicios de telecomunicaciones y el registro de TIC”.

Art 1 Objeto y ámbito de aplicación. El presente decreto tiene por objeto la reglamentación de la habilitación general para la provisión de redes y/o servicios de telecomunicaciones y el registro de TIC; de acuerdo con lo establecido en los artículos 10 y 15 de la Ley 1341 de 2009.

Las disposiciones contenidas en este decreto aplican para todos los proveedores de redes y/o servicios de telecomunicaciones y los titulares de permisos para el uso de recursos escasos. Se entienden incluidos en estas disposiciones los titulares de redes de telecomunicaciones, que no se suministren al público.

Metodología

Esta investigación se desarrolla desde un enfoque cuantitativo apoyado con desarrollo de experimentos y prototipos para determinar la implementación de un sistema de telemetría sobre datos físicos y ambientales aplicables a cultivos acuapónicos, junto con un desarrollo de prototipaje funcional que busca recopilar información e implementar en el momento de su montaje de diseño. De esta manera, como guía del proceso se contará con un cronograma que visualice las actividades a desarrollar para el cumplimiento del objetivo general de esta investigación, ante la implementación del sistema de telemetría sobre los datos físicos y ambientales en caminando y aplicado en cultivos acuapónicos.

Administración del proyecto

Cronograma

Actividad 1.

Recopilación de información sobre cultivos acuapónicos.

Actividad 2.

Identificar variables físicas y ambientales que se pueden medir dentro del cultivo acuapónico.

Actividad 3.

Determinar elementos a utilizar dentro del cultivo acuapónico.

Actividad 4.

Selección de elementos a utilizar.

Actividad 5.

Implementación sensores.

Actividad 6.

Desarrollar scribd de arduino con los sensores a implementar.

Actividad 7.

Simulación entorno casero con los datos recolectados de las variables físicas.

Actividad 8.

Ejecución del prototipaje del cultivo acuapónico con sensores seleccionados.

Actividad 9.

Creación base de datos.

Actividad 10.

Elaboración del código en la base de datos con el nombre de acuaponía.

Actividad 11.

Establecer conexión de la base de datos con el endpoint para la visualización de los datos en el Google data estudio.

Actividad 12.

Visualización dashboard con los datos almacenados en la base de datos con la herramienta de Google data estudio.

Visualización de datos en la nube.

Tabla 1. Cronograma actividades

Semana Actividad	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Actividad 1	■															
Actividad 2			■													
Actividad 3				■												
Actividad 4					■											
Actividad 5							■									
Actividad 6																
Actividad 7																
Actividad 8																
Actividad 9																
Actividad 10																
Actividad 11																
Actividad 12																

Nota. Autoría propia

Presupuesto

Presupuesto para dar inicio al proyecto del cual se saca un estimado.

Tabla 2. Presupuesto

Elemento	Valor unitario	Cantidad
Arduino	\$ 30.000	1
Ethernet	\$35.000	1
Sensor temperatura Dth11	\$8.000	1
Sensor luz BH 1750	\$12.000	1
Sensor suelo HI 69	\$5.000	1
Sensor ph Ph-014	\$100.000	1
Sonda temperatura agua	\$12.000	1
Jumper	\$5.000	1
Resistencia 4.5k	\$300	1
Protoboard	\$20.000	1
Total	\$227.300	

Presupuesto proyecto (Autoría Propia, 2021)

2. Estudio sobre las variables físicas y ambientales que se pueden medir en ambientes de cultivos acuapónicos

Se realizó el levantamiento de información sobre las diferentes variables usadas en el estado del arte, para el desarrollo de proyectos de automatización de cultivos acuapónicos con base a soluciones microcontroladas de bajo costo, luego de lo cual se revisó el listado de variables con la PhD. Estefany L. García Cruz experta en ciencia marina, para obtener una matriz final de variables que se abordarían en este proyecto, las cuales se presentan en la tabla 3.

Tabla 3. Variables medibles de un sistema acuapónico.

Condiciones del estanque	Condiciones del Agua:	Condiciones de las plantas:
<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura agua. • Humedad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ph. • Temperatura agua estanque. 	<ul style="list-style-type: none"> • Luminosidad. • Temperatura ambiente. • Humedad.

Variables físicas medibles (Autoría Propia, 2021)

Con base al listado de variables definidas teniendo en cuenta que los valores a obtener correspondan a los datos recolectados por los sensores, se realizó investigación de sensores de bajo costo y que puedan ser implementados con placas de desarrollo microcontroladas. A continuación, la relación de sensores factibles a usar.

Tabla 4. Características de los rangos de temperatura en los sensores

Variables físicas	Rango de temperatura
• Temperatura agua	-55 ^a c a 125 ^a c
• Humedad tierra	Valores de 0 a 1023
• Ph	dependiendo su nivel de
• Luminosidad	humedad
• Temperatura ambiente	0 a 14 Ph
• Humedad ambiente	0 a 100.000 Lx
	0 ^a c a 50 ^a c
	20% a 90% RH

Características de los rangos de temperatura en los sensores (Autoría Propia, 2021)

Para este sistema de acuaponía se requiere de unas variables físicas adquiridas para la medición, de los valores del funcionamiento normal del sistema acuapónico.

Rangos de valores del funcionamiento del sistema acuapónico

Las condiciones que se tuvieron en cuenta para en este cultivo casero; donde el pez goldfish pudiera vivir en el estanque se utilizó los sensores de temperatura del agua y el Ph para la simulación del cultivo. Cabe mencionar que él puede estar en un entorno de temperatura de agua dulce y en condiciones frías desde los 15^a a 28^ac, por consiguiente, su Ph puede ser mínimo de 4.5 y máximo 8 Ph. En el caso de la cama base de las plantas su temperatura ambiente debe ser de 18^a a 26^a dependiendo de su entorno en el que se encuentre, si es cubierto o expuesto directamente a las condiciones climáticas de un espacio libre. Por esta razón, el sensor de luminosidad juega un papel fundamental pues permite llevar un control del % de luz que están expuestas las plantas, no hay problema en que reciban el 50%, 80% o 100% ya que no afecta su crecimiento y su desarrollo dentro del cultivo acuapónico. Cumpliendo con lo anterior, se tendría un ciclo en total equilibrio.

Tabla 5. Valores de las variables físicas necesarias para el cultivo acuapónico

VARIABLES FÍSICAS	RANGO NECESARIO PARA EL CULTIVO ACUAPONICO
• Temperatura agua	20.5 ^a
• Humedad tierra	58%
• Ph	5,61 Ph
• Luminosidad	70%Lx
• Temperatura ambiente	23 ^a c
• Humedad ambiente	44% RH

Rangos necesarios variables físicas (Autoria Propia, 2021)

Sensor de PH analógico para Arduino

Este sensor es una gran herramienta que cumple con las mismas funciones al igual que los otros en el mercado. Sin embargo, su costo es más accesible en el momento de la implementación de este prototipo. Por otro lado, se resalta que es un sistema biorobóticos, con pruebas de calidad de agua o para la acuicultura. Para su funcionamiento simplemente se conecta el sensor de pH

con el conector BND y a través de la interfaz PH2.0 a una entrada analógica de cualquier Arduino obtendrá el valor de pH fácilmente ajustándose su ganancia por medio del potenciómetro.



Figura 6. Sensor ph con connector BND (Mouser Electronics, SF)

Sensor de temperatura y humedad

El sensor de temperatura y humedad es un módulo basado en el elemento digital de detección de temperatura y humedad DHT11, para este sensor donde podremos visualizar la información correcta debemos conectarlo al pin de datos digitales que determinemos en el arduino ya que su salida de información es digital este diseño simple y sensible acepta cambios de temperatura y humedad ambiental, que puede usarse para alarmas de temperatura, pruebas de humedad y otros trabajos.

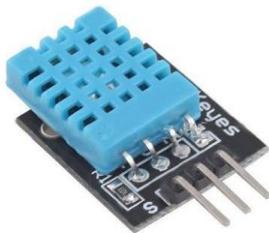


Figura 7. Sensor DHT11 (Ryspee, SF)

Sensor Luminosidad

Para la obtención de la captación de luminosidad necesitaremos una fotorresistencia como lo es el LDR del cual tiene un conversor interno de 16bit del cual nos entrega una salida digital para los datos recolectados este sensor para medir la medición de intensidad de luz que se recibirá en el cultivo este sensor es alimentado de 3v a 5v y con un rechazo de ruido entre 50/60HZ es capaz

de captar los datos para saber en qué porcentaje tendremos de luminosidad con mayor rango de luz solar aumentando o disminuyendo su intensidad.



Figura 8. Sensor luz luminosidad BH750 (Naylamp, SF)

Sensor sonda de temperatura DS18B20

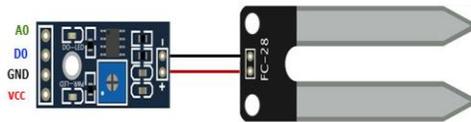
Este sensor de temperatura DS18B20. se implementa para la necesita de poder tomar un resultado y poder utilizarlo en condiciones de humedad o sumergido del cual nos permite la colocación de este sensor debajo del agua, luego de sus características se logra la trasmisión de la lectura de la temperatura que hace que el protocolo one-wire sean precisas.



Figura 9. Sensor sonda de temperatura DS18B20 (Programafacil.com, SF)

Sensor humedad tierra FC28

En este te sensor de humedad nos permite leer la cantidad de humedad que presente en el suelo donde se implemente, en el cual este sensor utiliza las dos sondas para pasar corriente a través del suelo y luego leer la resistencia para obtener lograr obtener el nivel de humedad.



Sensor humedad tierra FC28 (Etools, 2016)

3. Desarrollo prototipo

Dada la disponibilidad de sensores estudiados se decide priorizar la implementación de las siguientes variables:

- Temperatura de agua.
- pH.
- Luminosidad.
- Temperatura del ambiente
- Humedad relativa del ambiente.
- Humedad del suelo

Con respecto a los anteriores sensores se adquirieron sensores para ser usados en una solución microcontrolada o de microprocesador con el fin de utilizar una placa base de desarrollo libre como lo es Arduino o Rasberry Pi, vinculando la toma de datos para ser enviados al centro de recolección de información para ser tratados en la nube y podres visualizarlos.

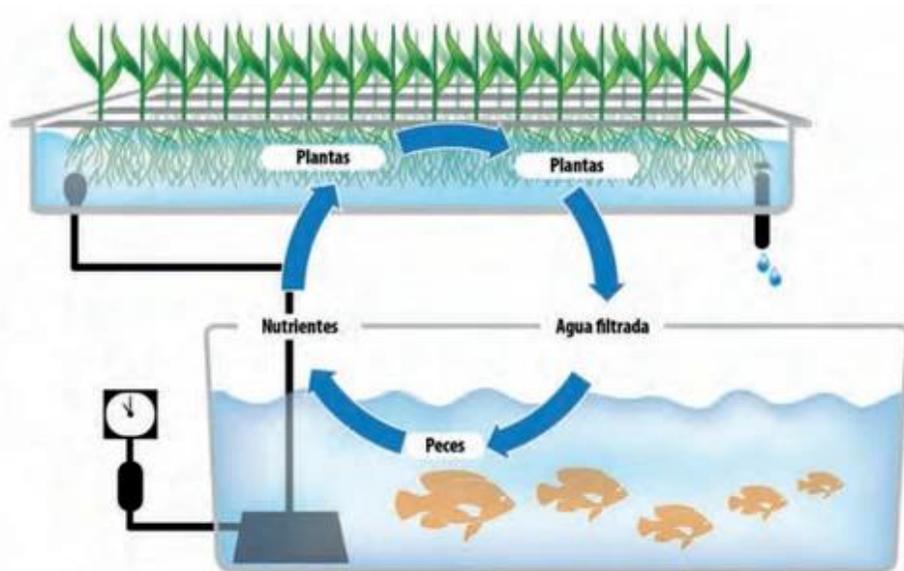


Figura 10. Ciclo básico de un sistema acuapónico con cama flotantes la calidad del agua en acuapónica (Proain, 2020)

Para medir esta variable se presenta la tabla X donde se prioriza la importancia de medición dentro del sistema acuapónico:

Tabla 6. Prioridades variables físicas en el cultivo acuapónico

Prioridades variables	peces	Plantas	variables
Alta	x x		Ph Temperatura
Intermedia		x	Luminosidad
Baja		x x	Temperatura y humedad relativa ambiente

Prioridades variables físicas (Autoria Propia, 2021)

A continuación, se presenta la figura 13, que resume el diseño electrónico logrado para la implementación de todos los sensores.

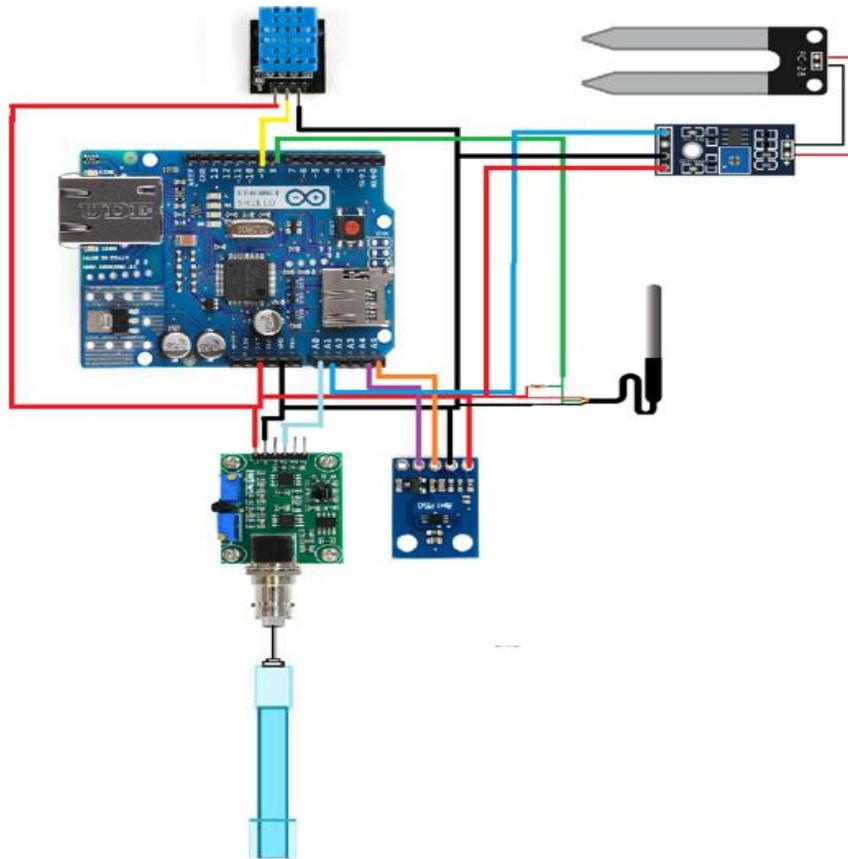


Figura 11. Circuito Arduino con conexión a sensores (Autoria Propia, 2021)

Usando una placa Arduino se logra integrar los datos recopilados de los sensores con la solución de envío y almacenamiento de datos que se explica en la siguiente figura. La lógica de captura de datos obedece al desarrollo teórico del siguiente diagrama de flujo que se muestra en la figura 12.

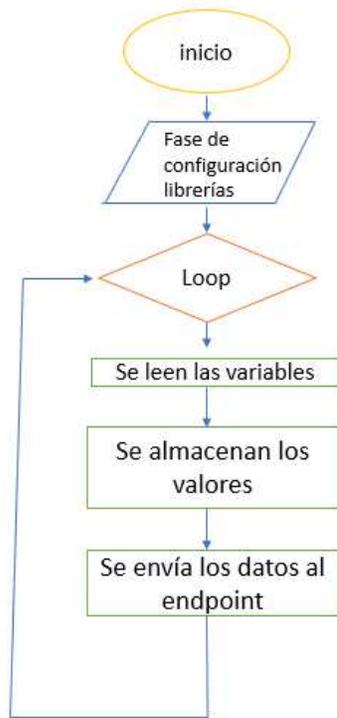


Figura 12. diagrama de flujo que describe la lógica de recolección de datos (Autoria Propia, 2021)

Se muestran los elementos que componen el prototipo desarrollado y la figura 15 contiene los elementos implementados.



Figura 13. Componentes para la implementación de la simulación en el cultivo casero (Autoria Propia, 2021)

Se realizó diseño en 3D sobre la disposición final de los elementos que contemplan el sistema de recolección de datos basado en sensores y la adquisición de transmisión de datos basados en Arduino, en la figura 14 se presenta una gráfica sobre la disposición de la propuesta de los elementos en la ubicación del sistema acuapónico

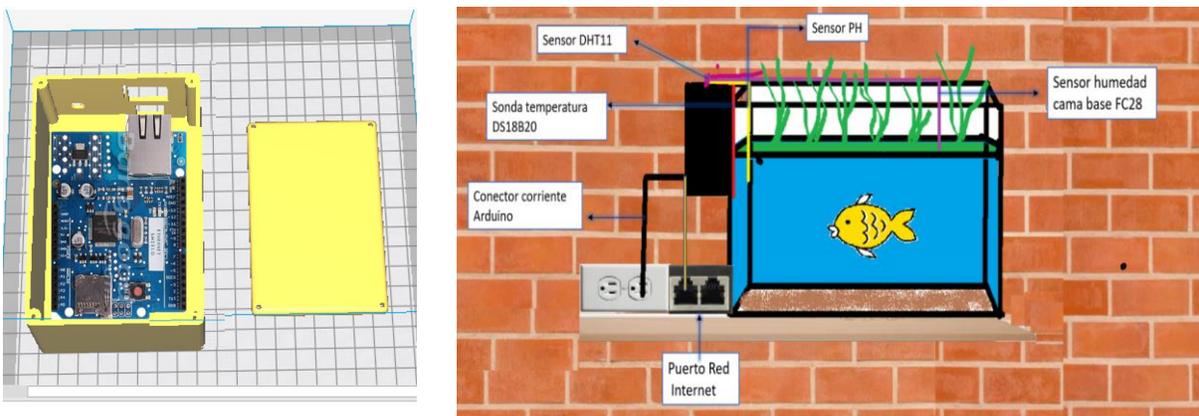


Figura 14. Prototipo caja Arduino que se ve al lado izquierdo la caja 3D donde contiene el Arduino y al lado derecho la disposición de instalación de dicha caja al lado del acuario con los sensores seleccionados. (Autoria Propia, 2021)

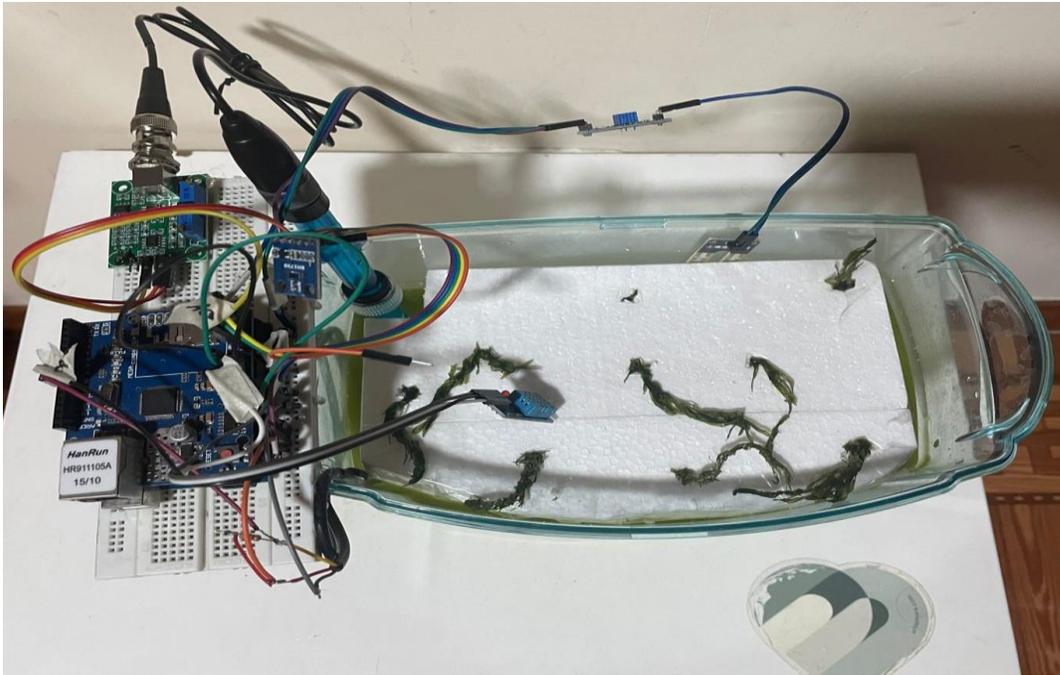


Figura 15. Prototipaje en su elaboración final casera para el cultivo. (Autoria Propia, 2021)

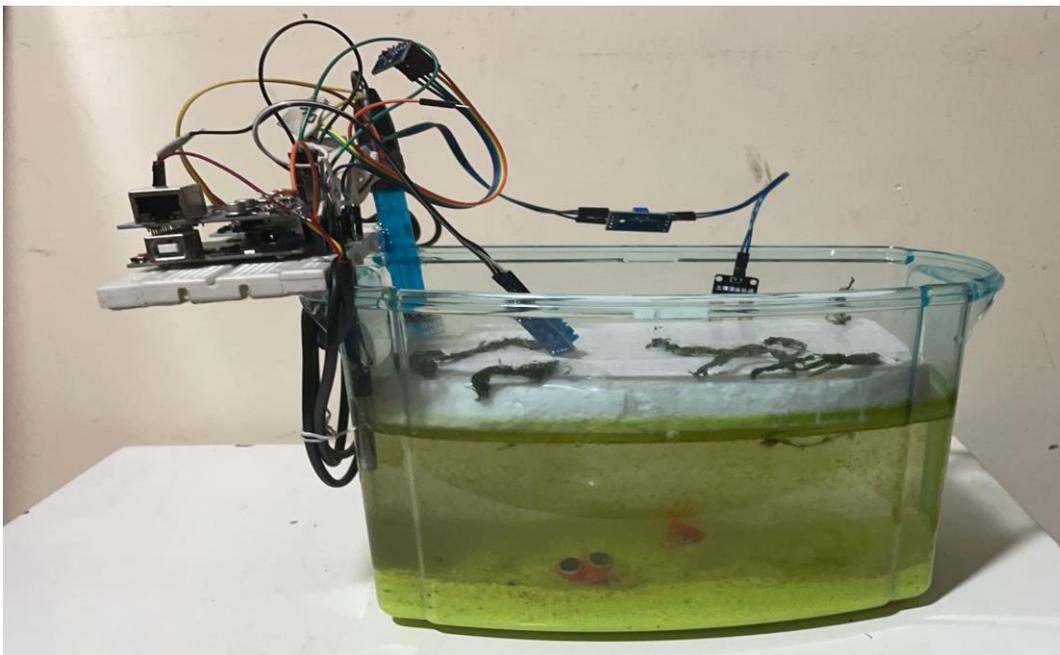


Figura 16. Montaje realizado correctamente y datos almacenados con características de un cultivo acuapónico (Autoria Propia, 2021)

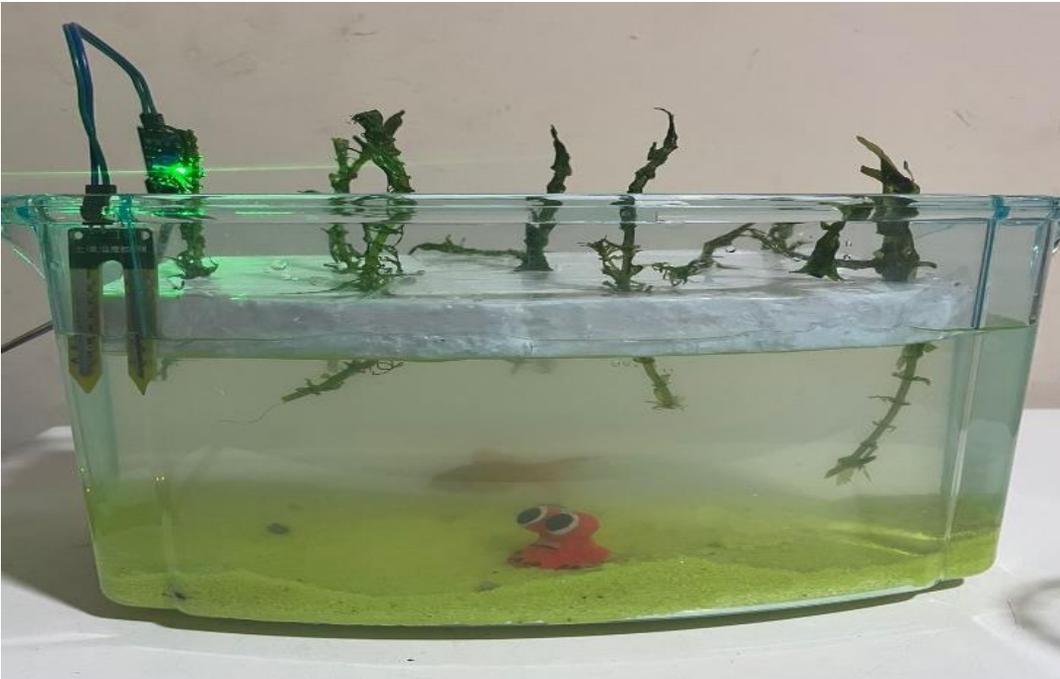


Figura 17. Sensor de humedad de la cama flotante dentro de la pecera (Autoria Propia, 2021)

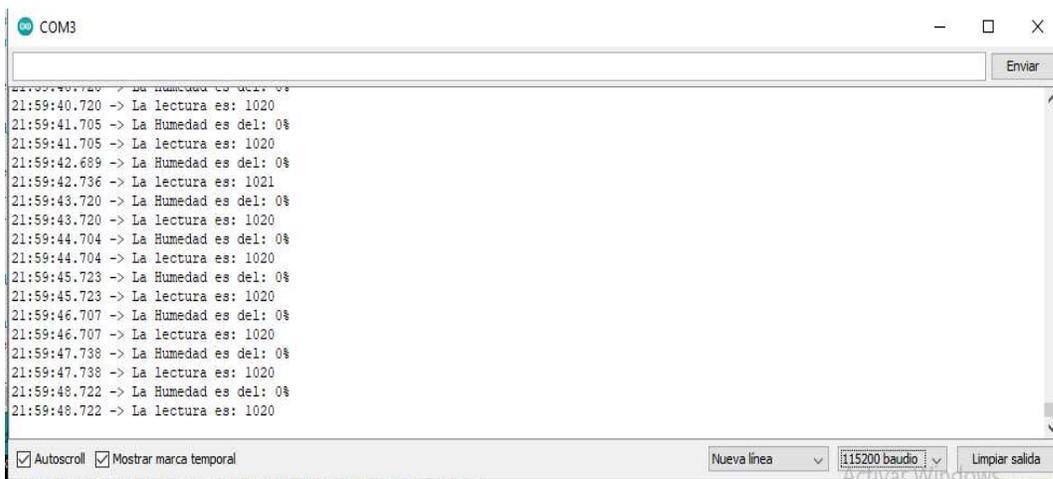


Figura 18. Lectura de sensor de humedad en cama flotante

Lectura temperatura y humedad en cama flotante con porcentaje en una escala de 0 a 100%.

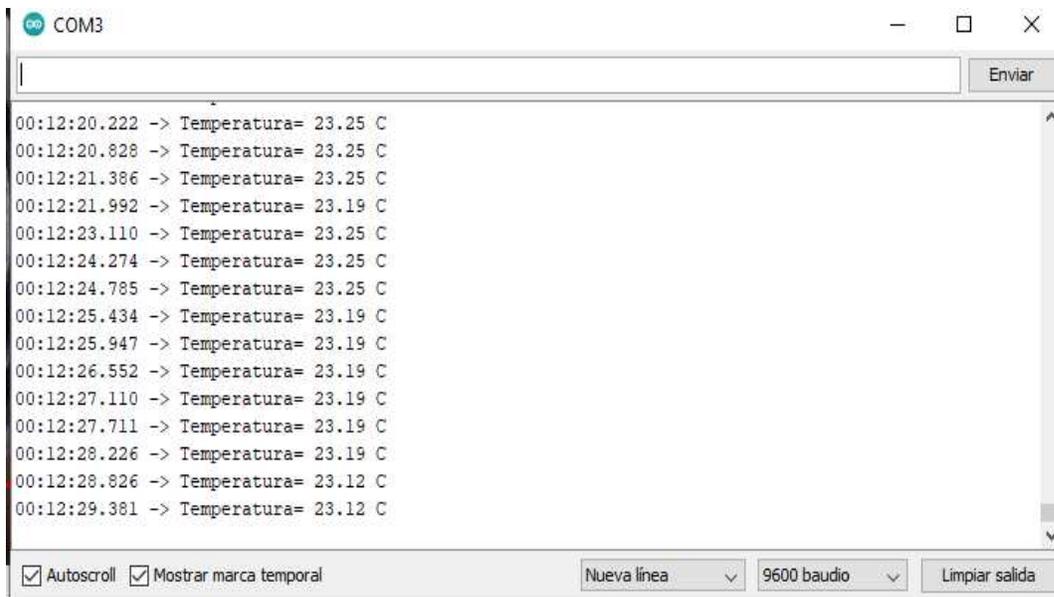


Figura 21. sensor de temperatura agua pecera

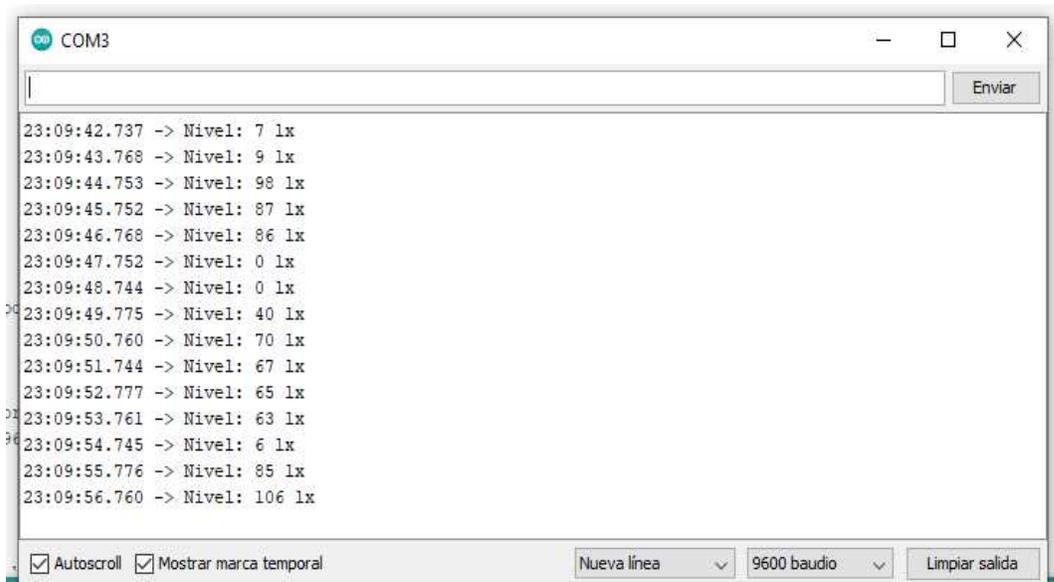


Figura 22. Toma de datos con sensor de luz en una escala de luminosidad

4. Visualización de datos en la nube

Para la solución de este proyecto se usará la técnica de transmisión de información a la nube por medio del protocolo HTTP y método de envío de información por GET.

Protocolos más utilizados en IoT:

HTTP

El protocolo HTTP es utilizado para transferir datos en la web y por lo tanto es natural que también sea utilizado para aplicaciones IoT. Es recomendable utilizar TCP para garantizar la entrega de los mensajes, aunque en redes son muy confiables y robustas ya que puede ser una ventaja utilizar UDP para establecer comunicaciones más cortas y rápidas del cual consiste en su velocidad por lo tanto en este desarrollo de investigación utilizaremos un protocolo orientado a la conexión mientras que el protocolo UDP no la utiliza. Una de las ventajas de utilizar HTTP es su capacidad del cual al enviar o recibir grandes cantidades de datos de manera eficiente son cargados y enviados exitosamente sin ninguna pérdida de comunicación.

MQTT

Sus mensajes son cortos, por lo que las transmisiones de datos también lo son. MQTT solo permite comunicación a través de TCP y tiene tres modos de funcionamiento en cuanto a entrega de mensajes (QoS – calidad de servicio) iotconsulting (04 JULIO 2019).

Para el desarrollo del presente proyecto se usó el protocolo HTTP ya que este método nos da una elaboración con mayores caracteres al momento de transmitir la información obtenida por parte de los sensores

5. Diseño de visualización

La lógica de envío de datos se presenta en la figura 23.

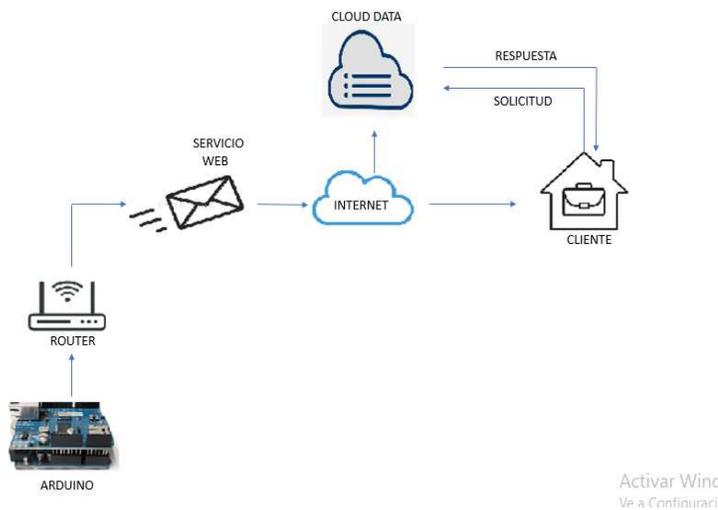


Figura 23. Topología desarrollada para recepción, almacenamiento y visualización de datos (Autoria Propia, 2021)

Los datos de los sensores son digitalizados por la placa Arduino, quien a su vez hace uso de una placa Ethernet para tener conectividad a internet y con ello implementar el método HTTP para el envío de datos hacia un servicio web ubicado en un hosting público, en donde reside un software programado en un entorno WEB capaz de interpretar los datos e insertarlos en la base de datos ubicada en el ambiente de Amazon Web Services.

Se aprecia el código fuente del servicio web desarrollado en PHP dentro de la base de datos que llamamos acuaponía para el servicio web del scribd.

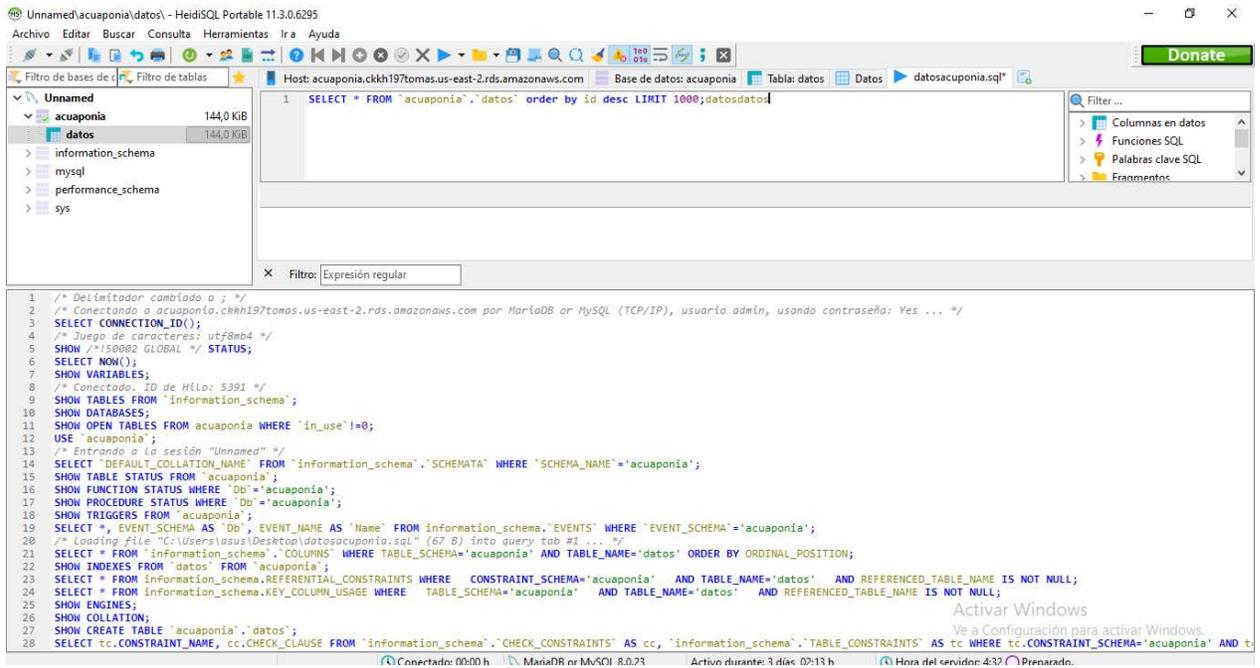


Figura 24. Código del servicio web. (Autoría Propia, 2021)

A continuación, se evidencias los pasos hechos para lograr la implementación descrita.

Se ingresa a crear la base de datos con las variables físicas definidas para almacenar los datos.

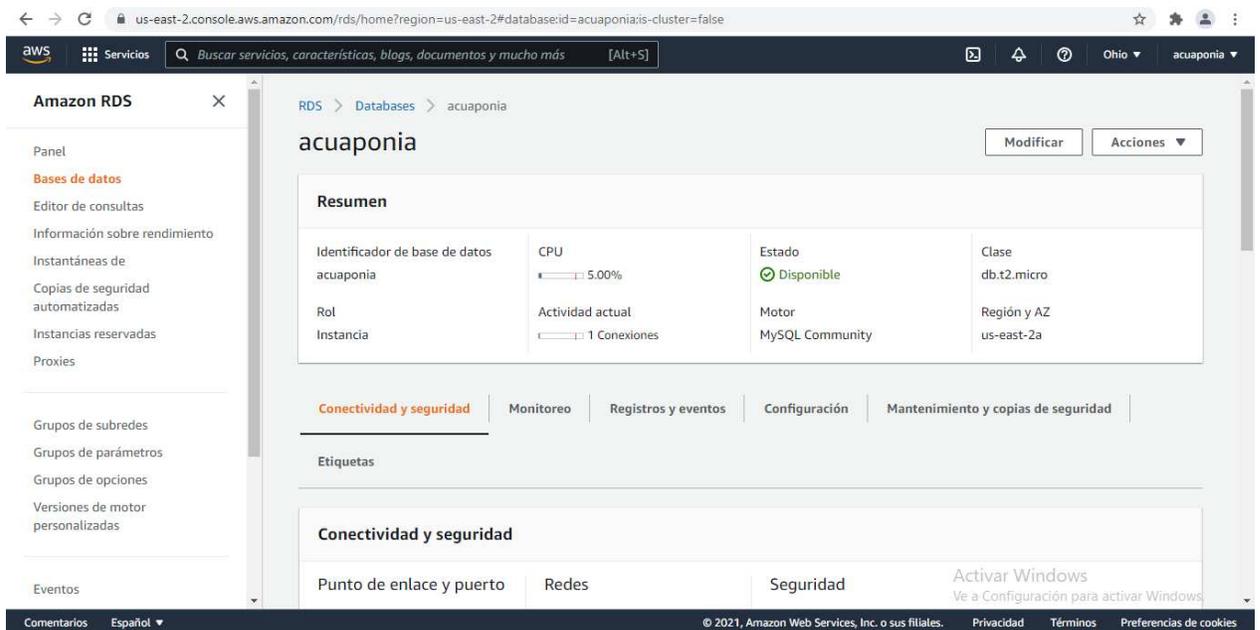


Figura 25. Entorno aws de amazon para la base de datos (Autoría Propia, 2021)

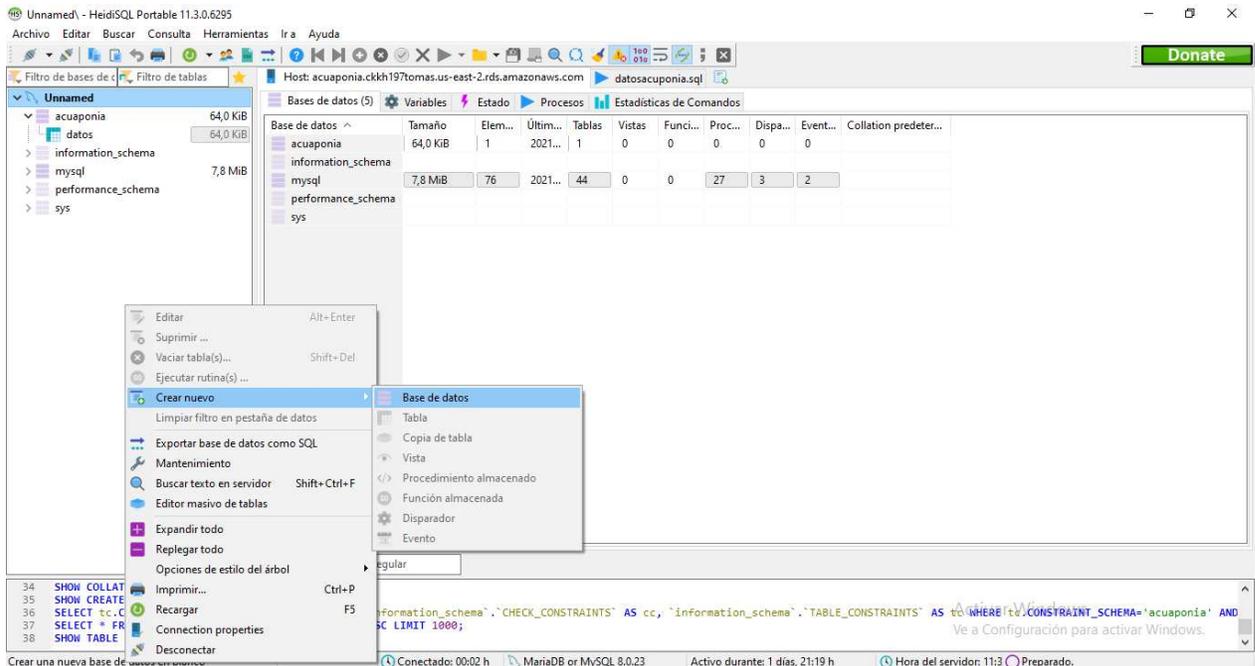


Figura 26. Entorno de la base de datos

Se procede a la creación de la base de datos y a la esperará que cargue con éxito la creación de la base de datos para poder agregar las variables físicas a utilizar.

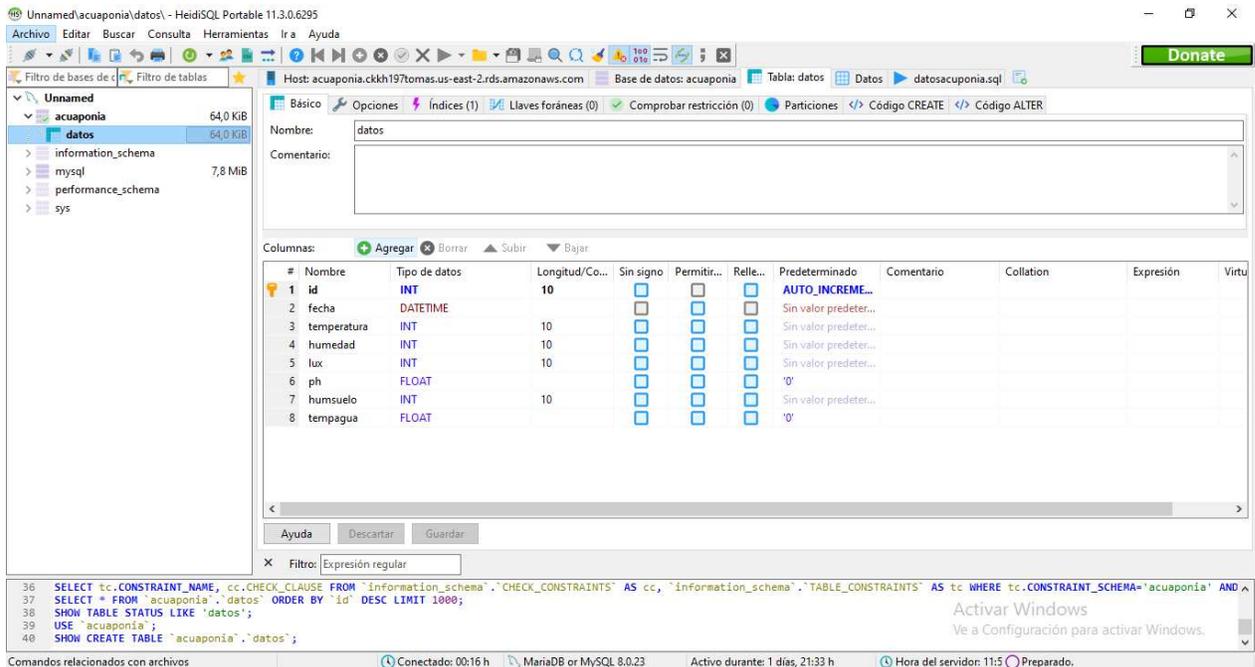


Figura 27. Creación de variables físicas en el entorno de heideSQL (Autoria Propia, 2021)

Una vez creada la base de datos se da agregar y definir las variables físicas a utilizar con un número de registro por datos almacenado, un nombre por cada variable física y se define el tipo de dato asignado.

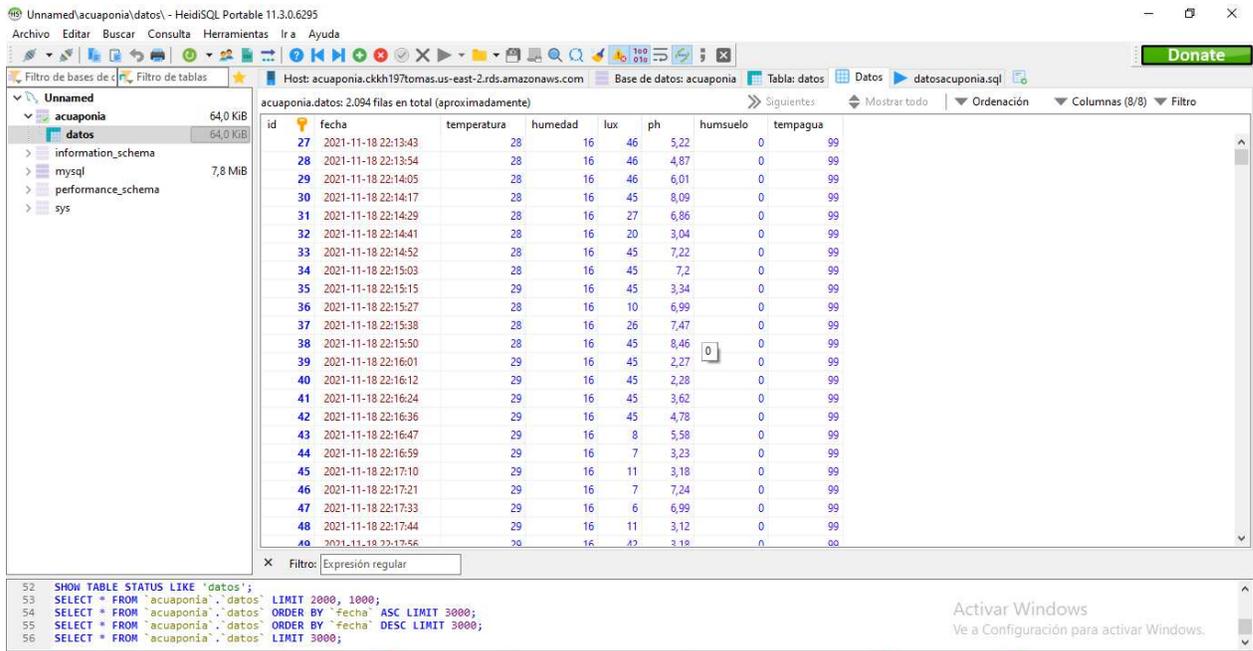


Figura 28. Entorno de heideSQL con datos almacenados (Autoria Propia, 2021)

Se evidencia los datos almacenados por parte de los sensores implementados en Arduino junto con la placa ethernet haciendo una conexión exitosa y poderlos visualizar para tener una estadística de los datos.

5.1. Visualización de las variables físicas analizadas en el cultivo acuapónico

Se ha usado la herramienta de Google DataStudio para crear la interfaz de usuario en el que es posible hacer el seguimiento y tener un análisis de cada variable implementada dentro del cultivo acuapónico. Se presenta un dashboard organizado con indicadores que muestran los resultados dentro del cultivo con unos registros captados por el sensor de cada variable.

La prioridad de esta herramienta es enfocar los datos recolectados de una muestra diaria o semanal en el cual está en total funcionamiento dentro y fuera del cultivo sin necesidad de estar en el para poderlos visualizar por parte del usuario mostrando unas ventajas de como esta operando su cultivo y si se está logrando los resultados que conllevan a un cultivo saludable y autosostenibles en su desarrollo. La figura TT muestra el dashboard desarrollado y que se puede consultar públicamente en la URL <https://datastudio.google.com/reporting/bce4d224-65e8-4b59-9ced-83d9d1218fe3/page/aKtfC/edit...>

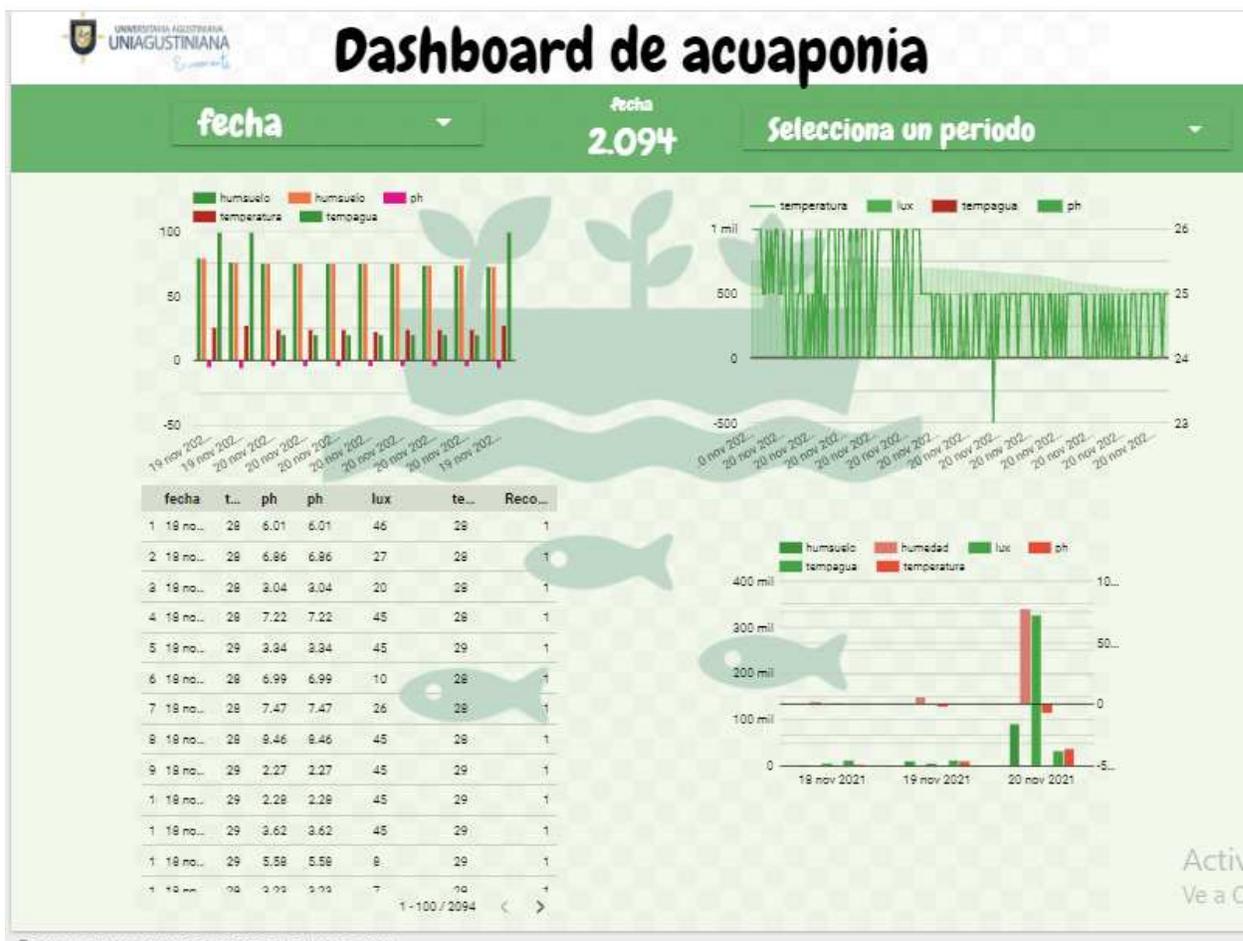


Figura 29. Herramienta dashboard para la organización de los datos recolectados de las variables físicas.

Conclusiones

Se adelantó un proceso de indagación sobre implementaciones de telemetría e IoT en cultivos acuapónicos, e igualmente, con el acompañamiento de la asesora experta fue posible priorizar las variables (temperatura de agua, temperatura relativa, humedad relativa, PH, luminosidad y humedad de la tierra) partiendo de esto, con los sensores se dio respuesta en la medición de datos necesarios para obtener un registro de análisis. Logrando entender la importancia de cada variable en el desarrollo de los subsistemas en un cultivo acuapónico, y cómo esto ayuda a la recolección continua de datos.

Se logró por completo el desarrollo del prototipo del sistema de telemetría sobre datos físicos y ambientales aplicables a cultivos acuapónicos, al implementar una solución de respuestas electrónicas microcontroladas, el desarrollo de un servicio web, la implementación de una base de datos en nube y el uso de un sistema experto en visualización de datos. Se llevó acabo las pruebas necesarias dentro de los parámetros estipulados para llevar un control de las variables físicas y evidenciar los datos necesarios ante el avance del cultivo acuapónico.

La visualización de datos está respaldada por un sistema experto “Google Data Studio”, lo que permitió el análisis histórico de los datos, así como el desarrollo y el procesamiento de la información para conocer los indicadores estadísticos de este proceso.

Referencias

- Tolentino L., Fernandez E (2019) . (s.f.). *Development of an IoT-based Aquaponics Monitoring and Correction System with Temperature-Controlled Greenhouse* .
- (Richard V. Tyson and Eric H. (2014). *Institute of Food and Agricultural Sciences Extension Outreach*. Obtenido de <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/hs1252>
- Autoria Propia. (2021). Presupuesto proyecto.
- Decreto 4948 de 2009. (2009). *EL MINISTRO DEL INTERIOR Y DE JUSTICIA DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA*. Obtenido de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=38478>
- Dutta A., D. P. (2018). *IOT BASED AQUAPONICS MONITORING SYSTEM*.
- Etools. (05 de 17 de 2016). *Etools*. Obtenido de <https://www.electrontools.com/Home/WP/medir-la-humedad-del-suelo-con-arduino/>
- Karimanzira D., R. T. (2019). *Enhancing aquaponics management with IoT-based Predictive Analytics for efficient information utilization* .
- Ley 1341 de 2009. (30 de julio de 2009). *Congreso de la República* . Obtenido de http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1341_2009.html
- MODELOS RELACIONALES DE BASE DE DATOS. (SF). *TIC'S II*. Obtenido de <https://finanzastics2.wordpress.com/3-modelos-relacionales-de-base-de-datos/>
- Mouser Electronics. (SF). Obtenido de <https://co.mouser.com/new/dfrobot/dfrobot-analog-pH-sensor-kit/>
- Naylamp. (SF). Obtenido de https://naylampmechatronics.com/blog/44_tutorial-modulo-sensor-de-luz-bh1750.html
- Proain. (14 de 09 de 2020). *Proain*. Obtenido de <https://proain.com/blogs/notas-tecnicas/la-calidad-del-agua-en-acuaponia>
- Programafacil.com. (SF). *Programafacil.com*. Obtenido de <https://programafacil.com/blog/arduino-blog/ds18b20-sensor-temperatura-arduino/>
- Ryspee. (SF). Obtenido de <https://ryspee.com/tienda/modulo-sensor-de-temperatura-y-humedad-dht11/>
- Saaid M., Fadhil M., Megat A . (2013). *Indoor Aquaponic Cultivation Technique*.
- siscode. (2017). *siscode*. Obtenido de <http://siscode.com/>

Sitrak. (s.f.). *Sitrak*. Obtenido de <http://landing.sitrack.com/telemetr%C3%ADa-y-sus-aplicaciones>

Solutions, C. I. (SF). Obtenido de <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/internet-of-things/overview.html>

Telemetrik. (SF). *Telemetrik*. Obtenido de <https://telemetrik.co/telemetria-que-es-aplicaciones-casos-de-uso/>

Vssistemas. (SF).